

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
10. September 2004 (10.09.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/077380 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: G09B 9/04

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2004/000185

(22) Internationales Anmeldedatum:
14. Januar 2004 (14.01.2004)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
103 08 059.7 26. Februar 2003 (26.02.2003) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): DAIMLERCHRYSLER AG [DE/DE]; Epplestrasse 225, 70567 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): SCHULZ, Thomas
[DE/DE]; Kneippstrasse 35, 13467 Berlin (DE).

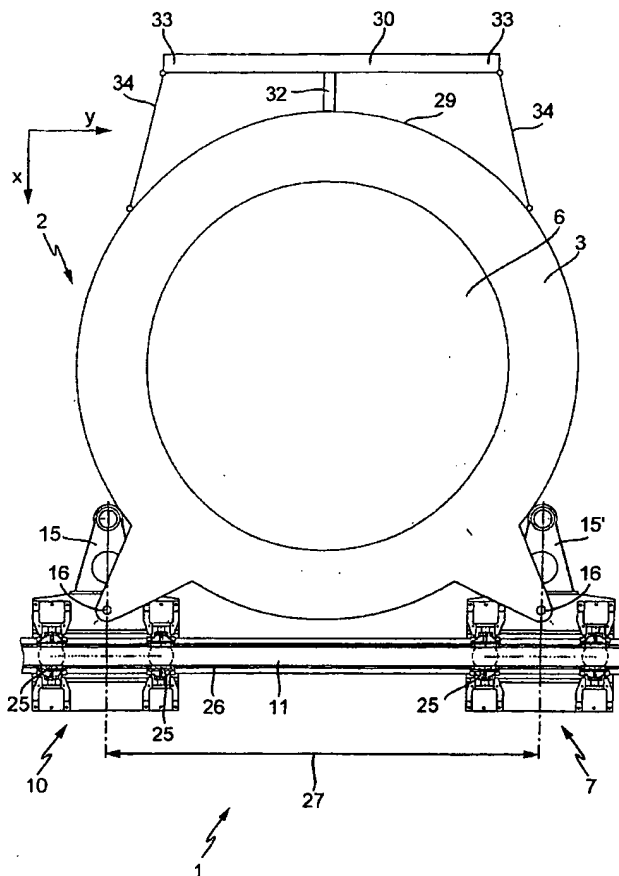
(74) Anwälte: NÄRGER, Ulrike usw.; DaimlerChrysler AG, Intellectual Property Management, IPM-C106, 70546 Stuttgart (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: LINEAR DISPLACEMENT SYSTEM FOR A DRIVING SIMULATOR

(54) Bezeichnung: LINEARVERSCHIEBESYSTEM FÜR EINEN FAHRSIMULATOR



(57) Abstract: Disclosed is a linear displacement system (10) for a basal carriage (3) that is mounted on a flat surface (8) so as to be freely displaceable. Said linear displacement system (10) comprises a drive unit (12) for pulling and/or pushing the basal carriage (3) in a controlled manner relative to the surface (8), and a guiding frame (11) which spans the space of movement of the basal carriage (3) in the direction of movement (Y). The inventive linear displacement system (10) further comprises a motor carriage (15) that can be freely displaced on the flat surface (8) and is displaced relative to the guiding frame (11) by means of the drive unit (12). The basal carriage (3) is tied to the motor carriage (15) in a rigid manner or via an articulation (16). Said design of the linear displacement system (10) ensures load alleviation of the guiding frame (11) as heavy components of the drive unit (12) can be shifted to the motor carriage (15) which is supported relative to the surface (8). The linear displacement system (10) is particularly suitable for use in a moving unit (1) of a driving simulator (2) in order to create impressions of movement for test persons.

(57) Zusammenfassung: Ein Linearverschiebesystem (10) für einen auf einer ebenen Bodenfläche (8) frei verschiebbar gelagerten Basisschlitten (3) umfasst eine Antriebseinheit (12) zum gesteuerten Ziehen und/oder Schieben des Basisschlittens (3) gegenüber der Bodenfläche (8) und einen Führungsrahmen (11), der den Bewegungsraum des Basisschlittens (3) in Bewegungsrichtung (Y) überspannt. Erfindungsgemäß weist das Linearverschiebesystem (10) einen frei auf der ebenen Bodenfläche (8) verschiebbaren Motorschlitten

(15) auf, der mit Hilfe der Antriebseinheit (12)

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2004/077380 A1



AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ,

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

"EXPRESS MAIL" LABEL NO. **EV550579895US**
 I HEREBY CERTIFY THAT THIS PAPER IS BEING DEPOSITED WITH THE
 UNITED STATES POSTAL SERVICE "EXPRESS MAIL POST OFFICE TO
 ADDRESSEE" SERVICE UNDER 39 CFR 1.10 IN AN ENVELOPE ADDRESSED
 TO THE COMMISSIONER OF PATENTS, P.O. BOX 10, ALEXANDRIA, VA
 22304-4500, ON THIS DATE. THE COMMISSIONER HAS HEREBY AUTHORIZED
 TO CHARGE ANY FEES ARISING HEREFROM AT ANY TIME TO DEPOSIT
 COUNT 16-0877.
 8/26/05 [Signature]
 DATE SIGNATURE

gegenüber dem Führungsrahmen (11) verschiebbar ist; der Basisschlitten (3) ist starr oder über ein Gelenk (16) an den Motorschlitten (15) angebunden. Diese Gestaltung des Linearverschiebesystems (10) gewährleistet eine Gewichtsentlastung des Führungsrahmens (11), da gewichtsmässig schwere Komponenten der Antriebseinheit (12) auf den gegenüber der Bodenfläche (8) abgestützten Motorschlitten (15) verlagert werden können. Das Linearverschiebesystem (10) eignet sich insbesondere zur Verwendung in einer Bewegungseinheit (1) für einen Fahrsimulator (2) zur Erzeugung von Bewegungseindrücken auf Testpersonen.

10/547209

DT09 Rec'd PCT/PTO 26 AUG 2005

Linearverschiebesystem für einen Fahrsimulator

Die Erfindung betrifft ein Linearverschiebesystem für einen auf einer ebenen Bodenfläche frei verschiebbaren Basisschlitten, insbesondere als Teil einer Bewegungseinheit für einen Fahrsimulator, nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1, wie es beispielsweise aus der (unveröffentlichten Patentanmeldung 101 50 382.2-35) als bekannt hervorgeht.

Die (unveröffentlichte Patentanmeldung 101 50 382.2-35) beschreibt ein Bewegungssystem für einen Fahrsimulator. Das Bewegungssystem umfaßt eine Kabine, die die Testperson aufnimmt; diese Kabine ist mit einem beweglich angeordneten Sitz und beweglich angeordneten Bedienelementen versehen, mit Hilfe derer hoch- und mittelfrequente Anregungen auf die Testperson ausgeübt werden. Die Kabine ist auf einem Drehteller befestigt, welcher seinerseits von einer sechsachsigen Bewegungseinheit getragen wird. Der Zusammenbau von Kabine, Drehteller und sechsachsiger Bewegungseinheit ist auf einem Basisschlitten montiert, welcher frei verschiebbar auf einer ebenen Bodenfläche gelagert ist und mit Hilfe einer Horizontalverschiebevorrichtung über diese Bodenfläche gezogen und/oder geschoben wird.

Die Lagerung des Basisschlittens auf der Bodenplatte bedeutet, daß das gesamte Gewicht des Basisschlittens und der von ihm getragenen Aufbauten unmittelbar - d.h. ohne Mitwirkung der Horizontalverschiebevorrichtung - auf der Bodenplatte lastet. Die Horizontalverschiebevorrichtung braucht somit nicht den Basisschlitten samt Aufbauten zu tragen, sondern dient ausschließlich der horizontalen Bewegungsanregung -

d.h. der Verschiebung und Beschleunigung in Horizontalrichtung - des Basisschlittens. Durch dieses Bewegungskonzept wird die Funktion des „Tragens“ des Basisschlittens entkoppelt von der Funktion des „Führens“ des Basisschlittens.

Die in der (unveröffentlichten Patentanmeldung 101 50 382.2-35) beschriebenen Horizontalverschiebevorrichtung zum Ziehen/Schieben des Basisschlittens auf der Bodenplatte umfaßt zwei Linearverschiebesysteme, nämlich

- ein erstes Linearverschiebesystem zum Verschieben/Beschleunigen des Basisschlittens entlang einer ersten Horizontalachse (Y), und
- ein zweites Linearverschiebesystem zum Verschieben/Beschleunigen des Zusammenbaus aus erstem Linearverschiebesystem und Basisschlitten entlang einer zweiten Horizontalachse (X), welche näherungsweise senkrecht gegenüber der ersten Horizontalachse (Y) ausgerichtet ist.

Diese Ausgestaltung der Horizontalverschiebevorrichtung gestattet eine Kaskadierung des Bewegungssystems, da die Horizontalbewegung mittels zweier hierarchisch miteinander verbundener Linearverschiebesysteme erfolgt. Das zweite Linearverschiebesystem ist im Ausführungsbeispiel der (unveröffentlichten Patentanmeldung 101 50 382.2-35) als ein brückenartiger Führungsrahmen („Portalbrücke“ bzw. „Traverse“) ausgestaltet, der transversal zu seiner Bewegungsrichtung - also in Y-Richtung - die gesamte Basisfläche überspannt; dieser Führungsrahmen stützt sich an seinen beiden Enden auf Schienen (oder alternative Führungsmittel) ab und wird entlang dieser Schienen mit Hilfe von Linearantrieben in X-Richtung verschoben und beschleunigt. In den Führungsrahmen ist das erste Linearverschiebesystem mit einer Antriebseinheit integriert, mit Hilfe derer der Basisschlitten in Y-Richtung verschoben bzw. beschleunigt wird. Der Basisschlitten ist an das erste Linearverschiebesystem über Koppelstangen angebunden, durch welche Verdrehungen und Verschwenkungen zwischen dem Basisschlitten und dem Führungsrahmen ausgeglichen werden sollen.

Aufgrund der Integration des ersten Linearverschiebesystems in den Führungsrahmen ist dieser erheblichen Gewichtsbelastungen ausgesetzt, was zu (statischen und dynamischen) Verformungen des Führungsrahmens führen kann. Um die Funktion des Linearverschiebesystems nicht zu beeinträchtigen, sind allerdings nur sehr geringe Verformungen des Führungsrahmens zulässig. Daher werden an den Führungsrahmen sehr hohe Anforderungen - große Spannbreite und vernachlässigbar geringe Verformungen bei hoher Gewichtsbelastung - gestellt. Die damit verbundenen konstruktiven und werkstofftechnischen Herausforderungen sind in der Praxis - insbesondere die im Falle großer Spannbreiten - kaum zu bewältigen.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, das erste Linearverschiebesystem in einer solchen Weise zu gestalten, dass - bei einer unverändert hohen Kippsicherheit des Basisschlittens und einer hohen Stabilität des Gesamtsystems - der Führungsrahmen gewichtsmäßig entlastet wird.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

Danach ist das erste Linearverschiebesystem des Führungsrahmens mit einem zusätzlichen Bauteil, nämlich einem auf der ebenen Bodenfläche verschiebbaren Motorschlitten, versehen, an den der Basisschlitten - starr oder über ein Gelenk - angebunden ist. Der Motorschlitten wird mit Hilfe der Antriebseinheit des Linearverschiebesystems angetrieben und stützt sich auf der Bodenfläche ab; daher kann eine Verlagerung von (gewichtsmäßig schweren) Antriebskomponenten des Linearverschiebesystems vom Führungsrahmen auf den Motorschlitten erfolgen, was zu einer erheblichen Entlastung des Führungsrahmens führt. Zur Beschleunigung des Basisschlittens in Bewegungsrichtung des ersten Linearverschiebesystems übt die Antriebseinheit des Linearverschiebesystems die dazu erforderlichen Beschleunigungskräfte auf den Motorschlitten aus, wel-

cher seinerseits diese Kräfte an den Basisschlitten weitergibt. Der erfindungsgemäße, auf der Bodenfläche gleitende Motorschlitten übernimmt somit mehrere Funktionen:

- Aufnahme schwergewichtiger Antriebskomponenten,
- Übertragung der Kräfte zwischen Führungsrahmen und Basisschlitten in horizontaler Richtung,
- Abstützung des Basisschlittens in vertikaler Richtung, und
- Kontermasse für Basisschlitten, welche die Kippneigung reduziert.

Um Verschiebungen und Beschleunigungen des Basisschlittens und des Motorschlittens ruckfrei zu gestalten, muss die Reibung zwischen den Schlitten und der Bodenfläche möglichst gering sein. Vorteilhafterweise sind die Schlitten daher über Luftlager und/oder Luftkissen gegenüber der Bodenfläche gelagert (Ansprüche 2 und 3). Eine solche Luftlagerung gestattet eine freie Verschieblichkeit der Schlitten auf der Bodenfläche und ist mit minimalen Reibkräften zwischen den Schlitten und Bodenfläche verbunden. Weiterhin zeichnen sich Luftlager durch eine hohe Steifigkeit aus, was eine wichtige Voraussetzung für ein störungsfreies Gleiten der Schlitten auf der Bodenfläche darstellt. - Alternativ können Basisschlitten und/oder Motorschlitten auch über Gleitlager oder über Rollenlager gegenüber der Bodenfläche gelagert sein.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist der Basisschlitten nicht über einen einzigen, sondern über zwei versetzt zueinander angeordnete Motorschlitten an den Führungsrahmen angebunden (Anspruch 4). Zum Antrieb der beiden Motorschlitten sind zwei räumlich getrennte, synchron betriebene Antriebseinheiten vorgesehen. Dadurch kann die Stabilität des Gesamtsystems erhöht werden, wodurch die Kippgefahr reduziert wird.

Als Antriebseinheit des Linearverschiebesystems wird vorzugsweise ein elektromagnetischer Linearantrieb verwendet (Anspruch 5). Dieses Antriebskonzept hat gegenüber anderen An-

trieben (z.B. Bandzugantrieben) den Vorteil einer kompakten Bauform. Weiterhin wird bei Verwendung von elektromagnetischen Linearantrieben die Gefahr unkoordinierter mechanischer Schwingungsanregungen des Systems weitgehend unterbunden. Da elektromagnetische Linearantriebe keine Zwischengetriebe benötigen, sind sie außerdem besonders reibungsarm.

Vorteilhafterweise ist der elektromagnetische Linearantrieb als Synchronmotor ausgebildet (siehe Anspruch 6). Im Unterschied zum Asynchronmotor, bei dem das Gegenfeld in den Sekundärspulen durch Induktion erzeugt wird, ist das Gegenfeld beim Synchronmotor in Form von Permanentmagneten „fest eingebaut“. Synchronmotoren haben den Vorteil, daß der „magnetische Luftspalt“ (zwischen den Permanentmagneten und der Primärspulen) eine deutlich geringere Rolle spielt als beim Asynchronmotor. Daher können Synchronmotoren bei vergleichbaren Kräften mit deutlich größerem „magnetischem Luftspalt“ betrieben werden; außerdem ist die Abhängigkeit der Kraft von Luftspaltschwankungen prinzipbedingt gering. Dies ist vor allem auch für die Regelbarkeit im Betrieb und somit für die Dosierbarkeit der Kraft von Vorteil. Wenn auch diese Gründe alle für die Verwendung eines Synchronmotors sprechen, so ist doch (prinzipiell) auch der Einsatz von Asynchronmotoren möglich.

Zweckmäßigerweise bilden die (bezüglich ihres Gewichts schweren) Primärspulen Teil des Motorschlittens, während die (bezüglich ihres Gewichts leichteren) Permanentmagneten in den Führungsrahmen integriert werden. Auf diese Weise wird der Führungsrahmen - aufgrund der Auslagerung der Primärspulen - erheblich entlastet.

In einer vorteilhaften Ausführungsform haben die Permanentmagnete des Führungsrahmens die Gestalt flacher, in Verschieberichtung (Y) des Linearantriebs aufgereihter Tafeln oder Rippen. Diese tafelartigen Permanentmagnete greifen in U-förmig gestaltete Primärspulen des Motorschlittens ein (An-

spruch 7). Die Reihe der Permanentmagnete überspannt dabei den gesamten Bewegungsraum des Linearverschiebesystems. Vorteilhafterweise sind die ineinandergreifenden Permanentmagnete/Primärspulen vertikal orientiert, so daß die Permanentmagnete vertikal nach unten vom Führungsrahmen abragen. Dadurch ist das System unempfindlich gegenüber Relativbewegungen in Vertikal-(Z-)Richtung zwischen Führungsrahmen und Motorschlitten; weiterhin werden die Biegekräfte und Biegemomente minimiert, die durch das Gewicht der Permanentmagnete auf den Führungsrahmen wirken.

Um den Motorschlitten hochgenau gegenüber dem Führungsrahmen zu führen, und um den Luftspalt zwischen der Primärspule des Motorschlittens und den Permanentmagneten des Führungsrahmens konstant halten zu können, sind auf dem Motorschlitten zweckmäßigerweise zusätzliche Luftlager vorgesehen, mit Hilfe derer der Motorschlitten gegenüber dem Führungsrahmen abgestützt und geführt wird (Anspruch 8).

Der Basisschlitten wird vorteilhafterweise über ein Drehgelenk an den bzw. die Motorschlitten angebunden (Anspruch 9). Im Unterschied zu einer starren Kopplung zwischen Basisschlitten und Motorschlitten - die eine Überbestimmtheit des Systems zur Folge hätte - gestattet ein solches Gelenk Verdrehungen des Basisschlittens gegenüber dem Motorschlitten, die infolge von Verformungen und Bodenunebenheiten auftreten können.

Vorzugsweise ist das Drehgelenk, das den Basisschlitten an den Motorschlitten ankoppelt, in der Höhe des Massenschwerpunkts von Basisschlitten, getragenen Objekt und Motorschlitten angeordnet (Anspruch 10). Durch diese Art der Ankopplung werden die vom Motorschlitten auf den Basisschlitten übertragenen X- und Y- Kräfte in der Höhe des Massenschwerpunkts in den Basisschlitten eingeleitet, so daß die Gefahr des Kippens des Basisschlittens (aufgrund von Drehmomenten um die X- oder die Y-Achse) minimiert wird.

Um die Gefahr des Kippens des Basisschlittens weiter zu reduzieren, ist es vorteilhaft, auch die dem Motorschlitten abgewandte Seite des Basisschlittens gegenüber der Bodenfläche abzustützen. Hierzu wird ein an den Basisschlitten über ein Drehgelenk angekoppelter Kopfträger verwendet, der verschiebbar auf der Bodenfläche gelagert ist (Anspruch 11). Zusätzlich kann der Kopfträger über Koppelemente gegenüber dem Basisschlitten abgestützt sein (Anspruch 12).

Im folgenden wird die Erfindung anhand eines in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Dabei zeigen:

Fig. 1 eine schematische, nicht maßstabsgetreue Ansicht eines über Motorschlitten an einen Führungsrahmen angekoppelten Basischlittens ...

Fig. 1a ... in einer Schnittdarstellung und

Fig. 1b ... in einer Aufsicht;

Fig. 2 eine Detailansicht des Motorschlittens

Fig. 2a ... in einer perspektivischen Ansicht,

Fig. 2b ... in einer Schnittdarstellung und

Fig. 2c ... in einer Aufsicht.

Figuren 1a und 1b zeigen in einer schematischen Darstellung einen Ausschnitt eines Bewegungssystems 1 für einen Fahrsimulator 2 zur Erzeugung von Bewegungseindrücken auf eine Testperson. Das Bewegungssystem 1 umfaßt einen Basisschlitten 3, auf dem eine sechssachige Bewegungseinheit 4, ein Drehteller 5 und eine Kabine 6 angeordnet sind. Mit Hilfe der sechssachigen Bewegungseinheit 4 und dem Drehteller 5 kann die Kabine 6 in allen sechs Raumfreiheitsgraden (drei translatorischen Freiheitsgraden und drei rotatorischen Freiheitsgraden) gegenüber dem Basisschlitten 3 bewegt werden. Zur gesteuerten Verschiebung und Beschleunigung des Zusammenbaus aus Basischlitten 3, sechssachiger Bewegungseinheit 4, Drehteller 5

und Kabine 6 entlang der beiden Horizontalachsen X und Y umfaßt das Bewegungssystem 1 des Fahrsimulators 2 weiterhin eine Horizontalverschiebevorrichtung 7, welche sowohl in X- als auch in Y-Richtung einen großen Bewegungsraum (von 20 Metern und mehr) überspannt und mit Hilfe derer niederfrequente Bewegungseindrücke auf die Testperson ausgeübt werden können. Bezüglich einer detaillierten Beschreibung des Bewegungssystems 1 und seiner Komponenten wird auf die (unveröffentlichte Patentanmeldung 101 50 382.2-35) verwiesen, deren Offenbarungsgehalt hiermit in diese Anmeldung aufgenommen wird.

Um die für unterschiedliche Fahrmanöver benötigten Geschwindigkeiten und Beschleunigungen in hoher Auflösung und Güte aufbringen zu können, muss der Basisschlitten 3 mit der darauf befestigten Last 4,5,6 - welche insgesamt mehrere Tonnen schwer ist - möglichst reibungsarm gegenüber der Bodenfläche 8 gelagert werden. Dies wird im Ausführungsbeispiel der Figuren 1a und 1b durch eine Luftlagerung 9 des Basisschlittens 3 gegenüber der Bodenfläche 8 realisiert.

Die Horizontalverschiebevorrichtung 7 des Fahrsimulator-Bewegungssystems 1 besteht aus zwei Linearverschiebesystemen, die bezüglich ihrer Bewegungsrichtungen orthogonal zueinander angeordnet sind. Mit Hilfe eines ersten Linearverschiebesystems 10 wird der Basisschlitten 3 mitsamt der darauf angeordneten Komponenten 4,5,6 in Y-Richtung verschoben und beschleunigt. Mit Hilfe eines weiteren (in den Figuren nicht dargestellten) zweiten Linearverschiebesystems wird der Zusammenbau aus Basisschlitten 3 und erstem Linearverschiebesystem 10 entlang der X-Richtung verschoben und beschleunigt.

Das erste Linearverschiebesystem 10 umfasst einen Führungsrahmen 11 - im folgenden auch „Traverse“ 11 genannt - der den gesamten Bewegungsraum des Basisschlittens 3 in Y-Richtung überspannt. Im hier beschriebenen Anwendungsfall des Fahrsimulator-Bewegungssystems 1 ist die Traverse 11 in X-Richtung beweglich und wird mit Hilfe des zweiten (in den Figuren

nicht gezeigten) Linearverschiebesystems gesteuert in X-Richtung beschleunigt und verschoben. Zur Verringerung der Durchbiegung unter Eigengewicht bei gleichzeitiger Minimierung des Bauraumbedarfes in Vertikal-(Z-)Richtung kann die Traverse 11 - neben endseitigen Füßen - über mehrere in Y-Richtung verteilte Stützen 13 gegenüber der Bodenfläche 8 abgestützt werden. Die Stützen 13 sind über Luftlager 14 oder Luftgleitkissen-Elemente gegenüber der Bodenfläche 8 gelagert, um eine reibungsarme Verschiebbarkeit der Traverse 11 in X-Richtung sicherzustellen. Die Position und Steifigkeit der Stützen 13 werden nach schwingungstechnischen Gesichtspunkten bestimmt. - Wird eine Verschiebung in X-Richtung nicht benötigt, so kann die Traverse 11 stationär gegenüber der Bodenfläche 8 gelagert sein.

Zur Linearverschiebung des Basisschlittens 3 in Y-Richtung ist an der Traverse 11 eine Antriebseinheit 12 vorgesehen, mit Hilfe derer der Basisschlitten 3 gesteuert in Y-Richtung gezogen und/oder gezogen wird. Allerdings ist - im Unterschied zu dem in der (unveröffentlichten Patentanmeldung 101 50 382.2-35) - der Basisschlitten 3 nicht über Koppelstangen an die Antriebseinheit angebunden, sondern der Antrieb des Basisschlittens 3 erfolgt erfindungsgemäß mit Hilfe eines (in Figur 2a in einer perspektivischen Darstellung gezeigten) Motorschlittens 15, der mit Hilfe der Antriebseinheit 12 entlang der Traverse 11 verschoben und beschleunigt wird und an den der Basisschlitten 3 über ein Gelenk 16 angekoppelt ist. Der Motorschlitten 15 ist über Luftlager 17 frei verschiebbar gegenüber der Bodenfläche 8 gelagert.

Die Antriebseinheit 12 wird durch einen elektromagnetischen Linear-Direkt-Antrieb 18 gebildet. Das Funktionsprinzip eines solchen Antriebs 18 entspricht einem „abgewickelten“ Elektromotor. Elektromagnetische Linearantriebe haben den Vorteil, ohne den Einsatz mechanisch bewegter Kraftübertragungsglieder oder Getriebe auszukommen. Dadurch wird zum einen die Güte der Bewegungsdarstellung verbessert, da die Reibung im System

- insbesondere beim Einsatz von Luftlagern 14,17 als Trag- und Führungselemente - minimal wird. Zum anderen steigt die Verfügbarkeit, da keine verschleißanfälligen Komponenten (wie z.B. Getriebe oder Stahlbänder) vorhanden sind, die häufige Wartungsintervalle erforderlich machen. - Alternativ zu einem elektromagnetischen Linear-Direkt-Antrieb 18 kann jedoch bei Bedarf auch ein Bandantrieb o.ä. verwendet werden.

Im vorliegenden Ausführungsbeispiel wird die Antriebseinheit 12 durch Synchronmotoren 19 mit Permanentmagneten 20 und Primärspulen 21 gebildet. Die Primärspulen 21 sind in den Motorschlitten 15 integriert. Dies ist aus Figur 2b ersichtlich, während in Figur 2a die Primärspulen 21 aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht gezeigt sind. Der Motorschlitten 15 weist vier Primärspulen 21 auf, die parallel zur Traverse 11 (d.h. parallel zur Bewegungsrichtung Y) ausgerichtet sind und zwei parallel zueinander liegende Spulenpakete 22 bilden. In jedem Spulenpaket 22 ist zwischen den beiden zugehörigen Einzelspulen 21 ein schlitzartiger, nach oben hin geöffneter Hohlraum 23 vorgesehen, in den die an der Traverse 11 befestigten Permanentmagnete 20 eingreifen. Die Permanentmagnete 20 ihrerseits haben die Form flacher ebener Platten 24 oder Rippen und sind in zwei parallel zueinander verlaufender Reihen an der Traverse 11 angebracht und so ausgerichtet, dass sie in Vertikal-(Z-)richtung nach unten hin abragen.

Die lichte Breite der Hohlräume 23 ist auf eine solche Weise auf die Schichtdicke der Magnetplatten 24 abgestimmt, dass zwischen den Primärspulen 21 und den Magnetplatten 24 ein Luftspalt vorgesehen ist: Da der Betrag dieses Luftspalts großen Einfluss auf die Stärke der induzierten Ströme und somit die resultierende Kraft des Motors hat, sollte dieser Luftspalt möglichst klein sein, um eine ausreichende Leistungsdichte des Motors zu gewährleisten. Ein kleiner Luftspalt kann aber nur dann realisiert werden, wenn die Bewegung des Motorschlittens 15 hochgenau parallel zu den Permanentmagneten 20 der Traverse 11 erfolgt. Diese hochgenaue Führung

des Motorschlittens 15 gegenüber der Traverse 11 wird im vorliegenden Ausführungsbeispiel durch zwei - in Y-Richtung versetzt zueinander angeordneten - Paaren von Luftlagern 25 erreicht, welche an einer auf der Traverse 11 ausgebildeten ebenen Führungsschiene 26 angreifen. Wie aus Figur 2b ersichtlich, sind die Permanentmagnete 20 direkt an die Führungsschiene 26 angebunden; diese räumliche Nähe des Antriebsmotors 12 zu den Luftlager-Führungen 25,26 stellt sicher, daß die Primärspulen 21 des Motorschlittens 15 hochgenau gegenüber den Magnetplatten 24 der Traverse 11 geführt werden können, so daß - ohne Gefahr von Kollisionen - ein kleiner Luftspalt realisiert werden kann.

Im vorliegenden Ausführungsbeispiel ist der Basisschlitten 3 mit Hilfe von zwei Motorschlitten 15,15' an die Traverse 11 angebunden. Die beiden Motorschlitten 15,15' sind um einen Abstand 27 versetzt zueinander an der Traverse 11 angeordnet. Durch eine synchronisierte Anregung der Spulenpakete 21 der beiden Motorschlitten 15,15' werden die zugehörigen Antriebseinheiten 12,12' synchron betrieben, so dass sich die beiden Motorschlitten 15,15' synchron zueinander auf der Traverse 11 hin- und herbewegen.

Die Ankopplung des Basisschlittens 3 an die Motorschlitten 15,15' wird über Drehgelenke 16,16' bewirkt. Da diese beiden Gelenke 16,16' in Y-Richtung um den Abstand 27 versetzt zueinander angeordnet sind, werden durch diese Anordnung Drehbewegungen des Basisschlittens 3 um die vertikale (Z-) Achse wirksam unterbunden. Die Höhe 28 der Drehgelenke 16,16' gegenüber der Bodenfläche 8 (und somit die Höhe 28, auf der die Ankopplung des Basisschlittens 3 an die Motorschlitten 15,15' erfolgt) ist so gewählt, dass sie der Höhe des Schwerpunkts (Arbeitspunkts) des Zusammenbaus aus Basiseinheit 3, sechsachsiger Bewegungseinheit 4 und Drehteller 5 und Kabine 6 entspricht. Dadurch greifen die von den Motorschlitten 15,15' in den Basisschlitten 3 eingeleiteten Kräfte genau in Schwerpunktshöhe 28 an, so daß Kipp- und Schwenkbewegungen um die

horizontalen X- und Y-Achsen minimiert werden. Diese Kopplung des Basisschlittens 3 an die Traverse mit Hilfe zweier Motorschlitten 15,15' reduziert die Anfälligkeit des Gesamtsystems gegenüber Dreh-, Kipp- und Schwenkbewegungen in allen drei Raumachsen.

Zur weiteren Stabilisierung des Gesamtsystems 1 wird der Basisschlitten 3 an seiner den Motorschlitten 15,15' entgegengesetzten Seite 29 mit einem sogenannten „Kopfträger“ 30 versehen. Der Kopfträger 30 ist über ein Luftlager 31 frei verschiebbar auf der Bodenfläche 8 gelagert und ist über ein (Drehungen um die X-Achse gestattendes) Drehgelenk 32 an den Basisschlitten 3 angebunden. Die linearen Ausdehnungen des Kopfträgers 30 in Y-Richtung gewährleisten eine zusätzliche Stabilisierung des Basisschlittens 3 mit Aufbauten 4,5,6 gegenüber Kippungen und Wankbewegungen. Zur Abstützung des Basisschlittens 3 am Kopfträger 30 sind die Enden 33 des Kopfträgers 30 über Koppelstangen 34 an den Basisschlitten 3 angebunden. Die Anbindungspunkte der Koppelstangen 34 und des Drehgelenks 32 an den Basisschlitten 3 befinden sich vorzugsweise auf der Höhe 28 des Massenschwerpunkts.

Zur Wankstabilisierung kann das Drehgelenk 32 mit einem aktiven oder einem passiven Feder-/Dämpfungselement mit oder ohne Endanschlag versehen sein, welches den Basisschlitten 3 bei Drehauslenkungen in die Ursprungslage zurückführt. Bei Verwendung einer aktiven Wankstabilisierung des Basisschlittens 3 sind auf dem Basisschlitten 3 Sensoren befestigt, welche Wank- und Kippauslenkungen des Basisschlittens 3 erkennen und im Fall einer drohenden Kippung das Drehgelenk 32 sperren.

Wenn der Basisschlitten 3 über Motorschlitten 15 and den Führungsrahmen 11 angebunden ist und weiterhin ein Kopfträger 30 vorgesehen ist, kann die Lagerung des Basisschlittens 3 gegenüber der Bodenflächen 8 ausschließlich über die Luftlager 17,31 der Motorschlitten 15 und des Kopfträgers 31 erfolgen, so dass auf die in Figur 1b gezeigte (zusätzliche) Luftlage-

rung 9 auf der Unterseite des Basisschlittens 3 verzichtet werden kann.

Neben der in den Figuren 1 und 2 gezeigten Anwendungsbeispiel, bei dem der Spezialfall eines Bewegungssystems 1 für einen Fahrsimulator 2 beschrieben ist, eignet sich das erfindungsgemäße Linearverschiebesystem 10 für ein weites Spektrum weiterer Anwendungsfälle, bei denen eine Last 4,5,6 hochgenau und reibungsarm gegenüber einer Bodenplatte 8 verschoben werden soll.

Patentansprüche

1. Linearverschiebesystem (10) für einen auf einer ebenen Bodenfläche (8) frei verschiebbar gelagerten Basisschlitten (3), insbesondere als Teil einer Bewegungseinheit (1) für einen Fahrsimulator (2) zur Erzeugung von Bewegungseindrücken auf Testpersonen,
 - wobei das Linearverschiebesystem (10) eine Antriebseinheit (12) zum gesteuerten Ziehen und/oder Schieben des Basisschlittens (3) gegenüber der Bodenfläche (8) umfasst,
 - und wobei das Linearverschiebesystem (10) einen Führungsrahmen (11) umfasst, welcher den Bewegungsraum des Basisschlittens (3) in Bewegungsrichtung (Y) überspannt,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

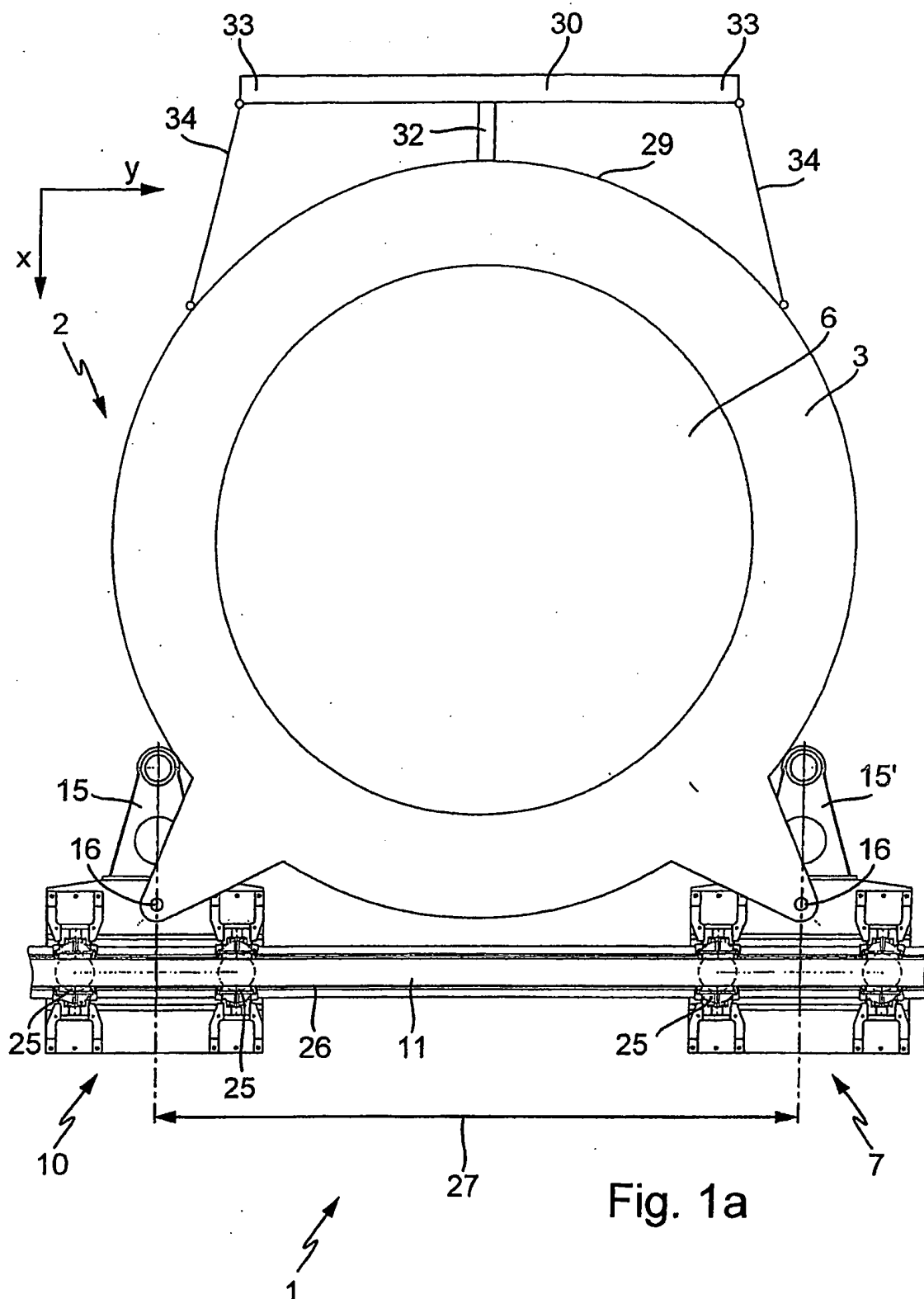
 - dass das Linearverschiebesystem (10) einen frei auf der ebenen Bodenfläche (8) verschiebbaren Motorschlitten (15) aufweist, der mit Hilfe der Antriebseinheit (12) gegenüber dem Führungsrahmen (11) verschiebbar ist
 - und daß der Basisschlitten (3) starr oder über ein Gelenk (16) an den Motorschlitten (15) angebunden ist.
2. Linearverschiebesystem nach Anspruch 1,

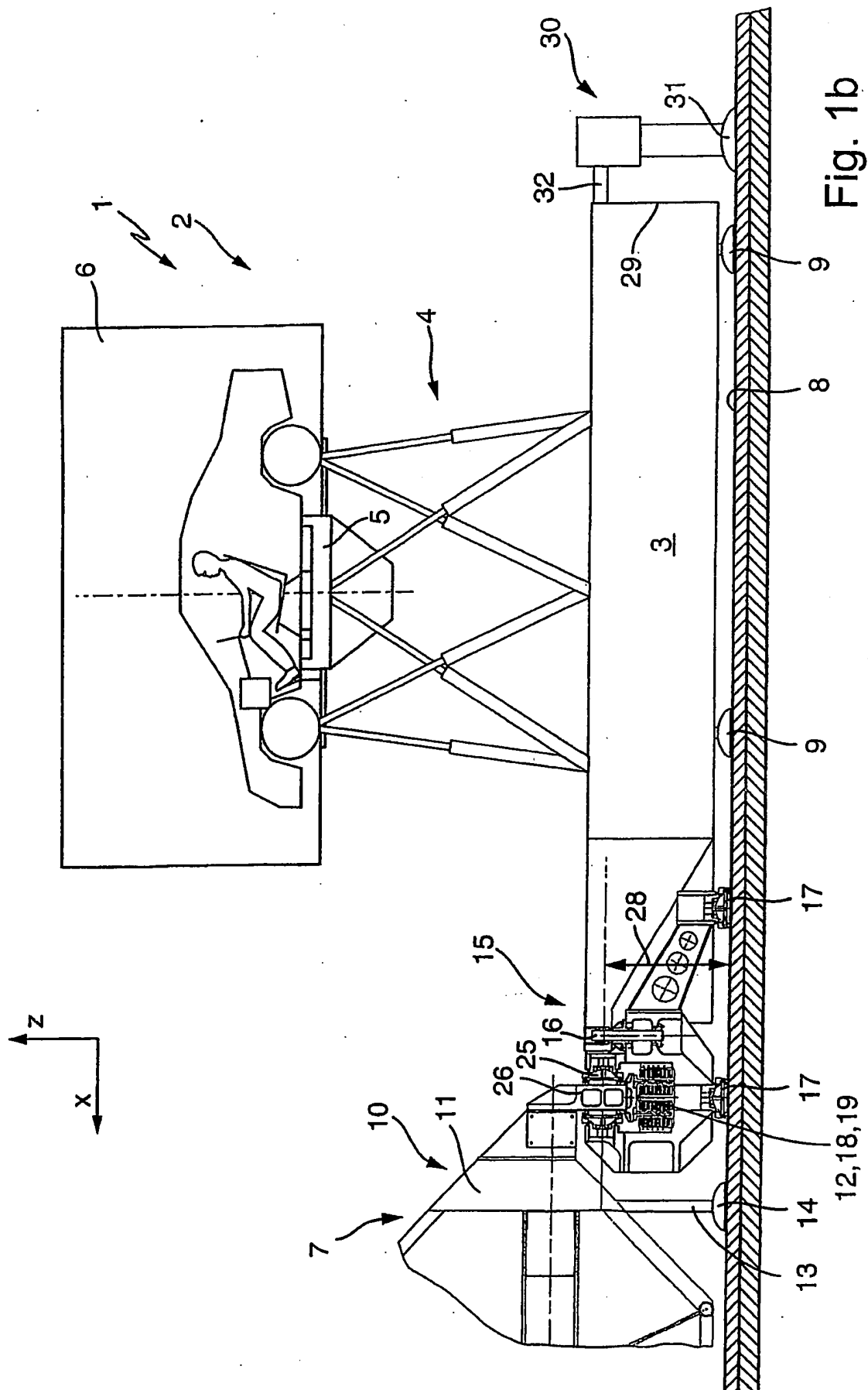
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

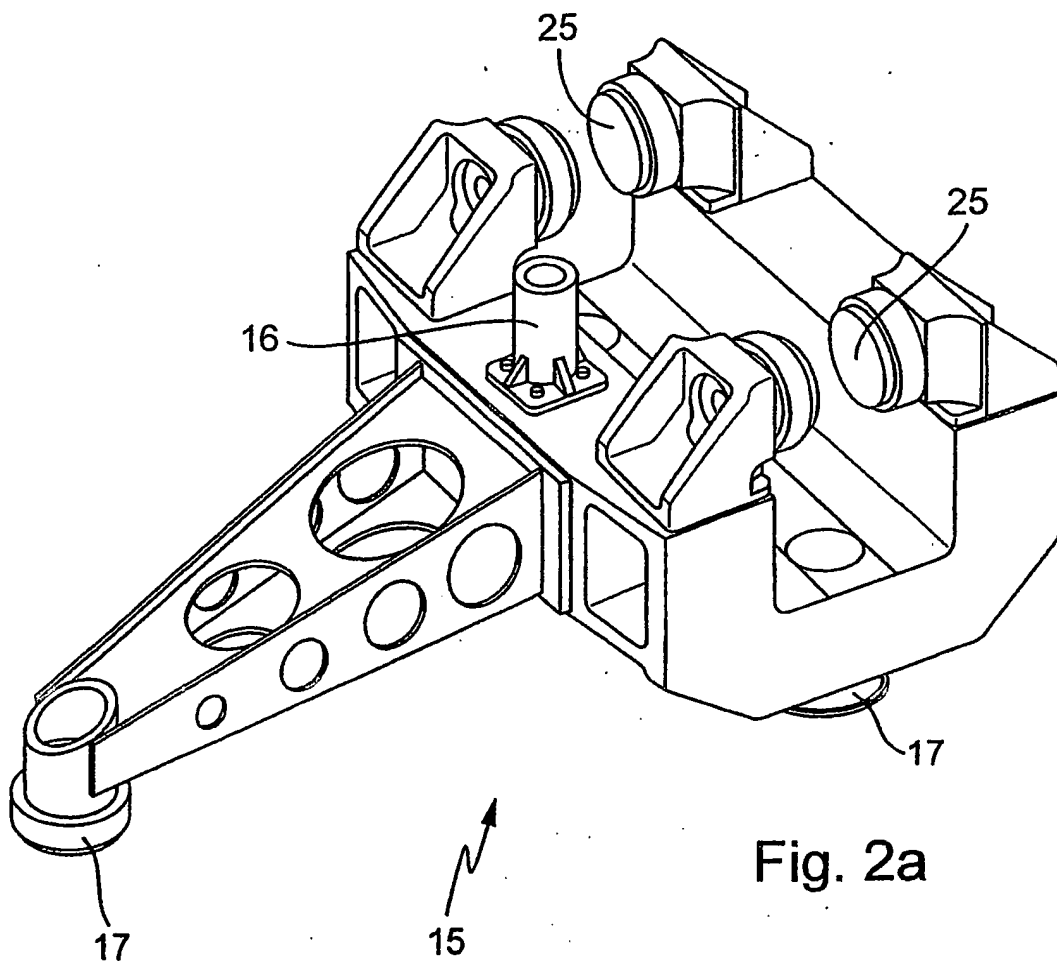
daß der Basisschlitten (3) über Luftlager (9) und/oder Luftkissen gegenüber der Bodenfläche (8) gelagert ist.

3. Linearverschiebesystem nach Anspruch 1 oder 2,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß der Motorschlitten (15) über Luftlager (17) und/oder
Luftkissen gegenüber der Bodenfläche (8) gelagert ist.
4. Linearverschiebesystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß der Basisschlitten (3) an zwei versetzt zueinander
angeordnete Motorschlitten (15,15') angebunden ist, wel-
che beide mit Hilfe einer Antriebseinheit (12,12') syn-
chron zueinander gegenüber dem Führungsrahmen (11) ver-
schiebbar sind.
5. Linearverschiebesystem nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß die Antriebseinheit (12) ein elektromagnetischer Li-
nearantrieb (18) ist.
6. Linearverschiebesystem nach Anspruch 5,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass der elektromagnetische Linearantrieb (18) als Syn-
chronantrieb (19) ausgebildet ist,
 - mit mindestens einer in den Motorschlitten (15) integ-
rierten Primärspule (21)
 - und mehreren in den Führungsrahmen (11) integrierten
Permanentmagneten (20).
7. Linearverschiebesystem nach Anspruch 6,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß die Permanentmagnete (20) des Führungsrahmens (11)
als flache Tafeln (24) ausgestaltet sind, die in einer
Reihe entlang der Verschieberichtung (Y) des Linearan-
triebs (18) ausgerichtet sind und von zwei im Motor-
schlitten (15) integrierten Primärspulen (21) beidseitig
umgriffen sind.

8. Linearverschiebesystem nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Motorschlitten (15) mit Hilfe eines Luftlagers (25) gegenüber dem Führungsrahmen (11) abgestützt und geführt wird.
9. Linearverschiebesystem nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Basisschlitten (3) über ein Drehgelenk (16) an den Motorschlitten (3) angebunden ist.
10. Linearverschiebesystem nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Drehgelenk in einer Höhe (28) angeordnet ist, die der Höhe der Massenschwerpunkts des Zusammenbaus aus Basisschlitten (3) und einer auf dem Basisschlitten (3) angeordneten Last (4,5,6) entspricht.
11. Linearverschiebesystem nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Basisschlitten (3) an der dem oder den Motorschlitten (15,15') abgewandten Seite (29) über ein Drehgelenk (32) mit einem gegenüber der Bodenfläche (8) verschiebbar gelagerten Kopfträger (30) verbunden ist.
12. Linearverschiebesystem nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Kopfträger (30) über Koppellemente (33) gegenüber dem Basisschlitten (3) abgestützt ist.







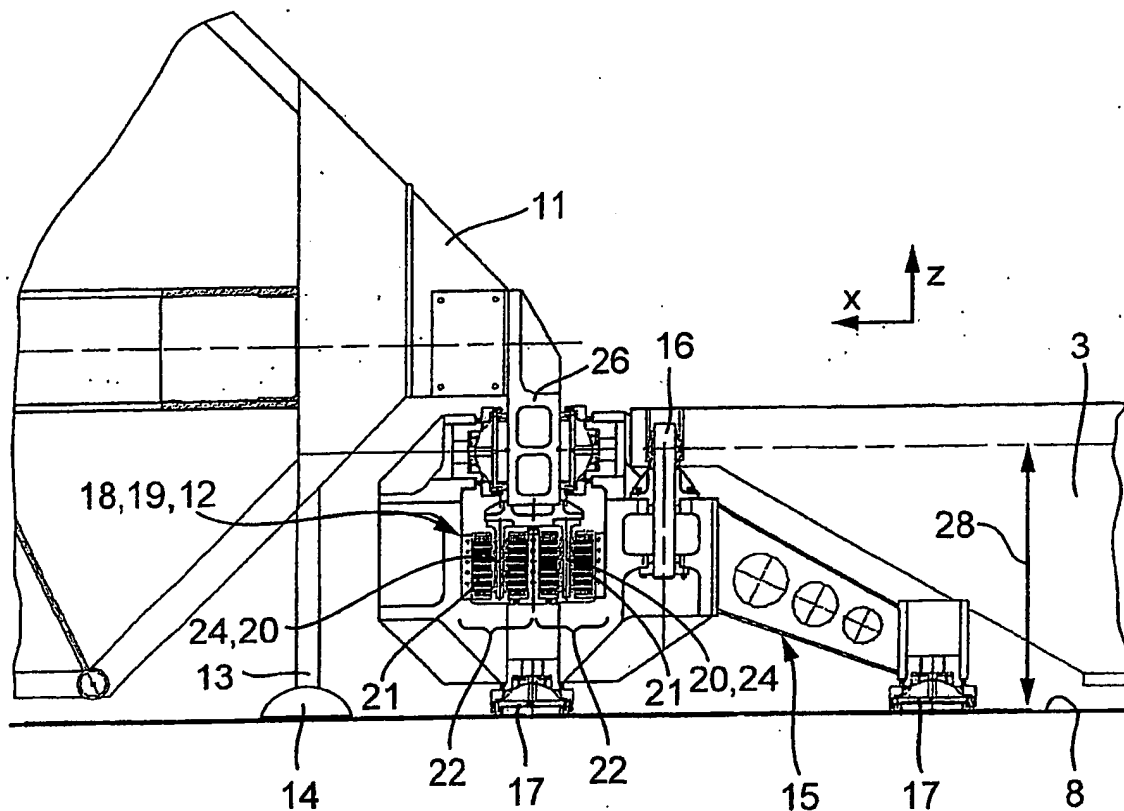


Fig. 2b

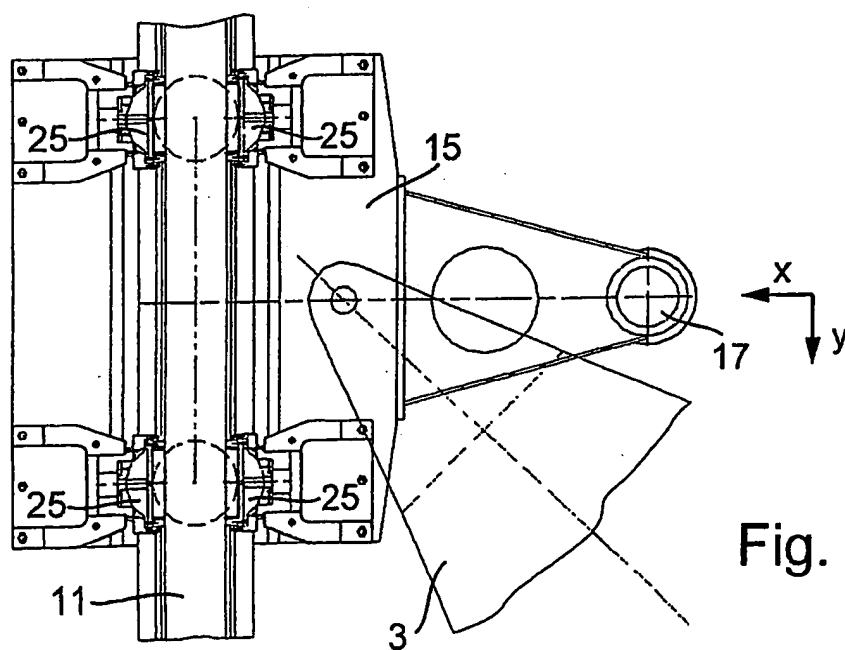


Fig. 2c

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2004/000185

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 G09B9/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 G09B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	GB 2 378 687 A (TRYSOME LTD) 19 February 2003 (2003-02-19) abstract page 2, last paragraph -page 3, paragraph 2 page 4, last paragraph -page 7, paragraph 1 figures 1,2,4,6	1,4-7,9
A	US 5 527 184 A (TRUMBULL DOUGLAS) 18 June 1996 (1996-06-18) column 3, line 17 - line 30 column 4, line 10 - line 61 column 5, line 22 -column 7, line 49 figures 2,4,5 --- -/-	1-12

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *Z* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

25 May 2004

Date of mailing of the international search report

11/06/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5816 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Königer, A

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2004/000185

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 919 045 A (AMBROSINO TIMOTHY J ET AL) 6 July 1999 (1999-07-06) column 5, line 65 -column 7, line 11 figures 3-6	1-12
A	US 5 440 183 A (DENNE PHILLIP R M) 8 August 1995 (1995-08-08) the whole document	5-7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2004/000185

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
GB 2378687	A	19-02-2003	NONE	
US 5527184	A	18-06-1996	WO 9621497 A1 US 5499920 A	18-07-1996 19-03-1996
US 5919045	A	06-07-1999	WO 0041156 A1 US 6354838 B1	13-07-2000 12-03-2002
US 5440183	A	08-08-1995	AT 167597 T AU 2439292 A AU 672954 B2 AU 2444892 A CA 2113340 A1 CA 2113344 A1 DE 69225972 D1 DE 69225972 T2 EP 0595866 A1 EP 0594757 A1 WO 9301646 A1 WO 9301577 A1 JP 7501437 T US 5605462 A	15-07-1998 11-02-1993 24-10-1996 11-02-1993 21-12-1993 21-01-1993 23-07-1998 18-02-1999 11-05-1994 04-05-1994 21-01-1993 21-01-1993 09-02-1995 25-02-1997

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2004/000185

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 G09B9/04

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 G09B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	GB 2 378 687 A (TRYSOME LTD) 19. Februar 2003 (2003-02-19) Zusammenfassung Seite 2, letzter Absatz -Seite 3, Absatz 2 Seite 4, letzter Absatz -Seite 7, Absatz 1 Abbildungen 1,2,4,6	1,4-7,9
A	US 5 527 184 A (TRUMBULL DOUGLAS) 18. Juni 1996 (1996-06-18) Spalte 3, Zeile 17 - Zeile 30 Spalte 4, Zeile 10 - Zeile 61 Spalte 5, Zeile 22 -Spalte 7, Zeile 49 Abbildungen 2,4,5	1-12
A	US 5 919 045 A (AMBROSINO TIMOTHY J ET AL) 6. Juli 1999 (1999-07-06) Spalte 5, Zeile 65 -Spalte 7, Zeile 11 Abbildungen 3-6	1-12
	-/-	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

25. Mai 2004

Absenddatum des Internationalen Recherchenberichts

11/06/2004

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Königer, A

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 5 440 183 A (DENNE PHILLIP R M) 8. August 1995 (1995-08-08) das ganze Dokument	5-7

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2004/000185

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
GB 2378687	A	19-02-2003	KEINE
US 5527184	A	18-06-1996	WO 9621497 A1 18-07-1996 US 5499920 A 19-03-1996
US 5919045	A	06-07-1999	WO 0041156 A1 13-07-2000 US 6354838 B1 12-03-2002
US 5440183	A	08-08-1995	AT 167597 T 15-07-1998 AU 2439292 A 11-02-1993 AU 672954 B2 24-10-1996 AU 2444892 A 11-02-1993 CA 2113340 A1 21-12-1993 CA 2113344 A1 21-01-1993 DE 69225972 D1 23-07-1998 DE 69225972 T2 18-02-1999 EP 0595866 A1 11-05-1994 EP 0594757 A1 04-05-1994 WO 9301646 A1 21-01-1993 WO 9301577 A1 21-01-1993 JP 7501437 T 09-02-1995 US 5605462 A 25-02-1997